

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для виконання лабораторних робіт
з дисципліни

«ФІЗИКА І ТЕХНІКА СВІТЛОДІОДІВ»

*(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання
спеціальності 141- Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка. Світлотехніка і джерела світла)*

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Фізика і техніка світлодіодів» (для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Світлотехніка і джерела світла) / Харків нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: А. С. Литвиненко. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 34 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. А. С. Литвиненко

Рецензент канд. фіз.-мат. наук, доц. Г. О. Петченко

*Рекомендовано кафедрою світлотехніки і джерел світла,
протокол № 3 від 3.11.2015 р.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота № 1 Дослідження електричних та вітлотехнічних характеристик світлодіодів.....	5
2 Лабораторна робота № 2 Дослідження світлотехнічних характеристик світлодіодів типу А і типу В.....	11
3 Лабораторна робота № 3 Дослідження температурних залежностей світлотехнічних характеристик світлодіодів.....	14
4 Лабораторна робота № 4 Дослідження схем підключення світлодіодів.....	19
5 Лабораторна робота № 5 Дослідження світлодіодного модуля Acriche.....	24
Список джерел.....	27
Додатки.....	28

ВСТУП

Вирішення проблеми енерго- та ресурсозбереження полягає в застосуванні в освітлювальних установках найбільш ефективних джерел світла, насамперед, світлодіодів (СД), що мають суттєві переваги перед традиційними приладами. Це низька споживана потужність (десятки Вт) при високій світловіддачі (до 100 лм/Вт), підвищений строк служби (до 50 тис. годин), малі маса та габарити, екологічність та інше. Світлодіодні джерела світла суттєво відрізняються від ламп, тому знання технічних характеристик СД, режимів експлуатації та інше, будуть сприяти правильному вибору світлодіодів при розробці світлових приладів на їх основі. У зв'язку з цим, теоретичний курс «Фізика і техніка світлодіодів» доповнюється лабораторними роботами, в яких студенти ознайомляться з електричними і світлотехнічними характеристиками СД, залежностями світлових характеристик від температури, схемами підключення світлодіодів та інше.

При підготовці до виконання лабораторної роботи студент повинен користуватися цими методичними вказівками, конспектом лекцій та рекомендованою літературою.

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

- загальну частину (мета роботи, об'єкт досліджень);
- результати досліджень (таблиці, графіки, рисунки);
- аналіз і пояснення отриманих результатів;
- висновки.

Кожна оформлена за правилами лабораторна робота захищається перед викладачем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІЛОДІОДІВ

Мета роботи - визначити світлотехнічні й електричні характеристики окремих світлодіодів експериментальним методом.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Світлодіоди (СД, в іноземній літературі - LED, Lighting Emitting Diodes) — найбільш «молоді» джерела світла, що принципово відрізняються від теплових або розрядних випромінювачів.

Генерація світла в СД відбувається за рахунок енергії, що виділяється при рекомбінації носіїв струму - електронів і дірок - на границі напівпровідникових матеріалів з різним характером провідності. Характер провідності визначається не тільки самим матеріалом, але і домішками (легуючими речовинами), що вводяться в основний матеріал у строго дозованих кількостях. Матеріал, у якого в результаті легування провідність визначається, в основному, надлишком електронів, називається «напівпровідником типу *n*». Матеріал з недоліком електронів, тобто з надлишком позитивно заряджених іонів (так званих «дірок»), здатних поглинути електрон і стати нейтральним атомом, називається «напівпровідником типу *p*». На границі таких матеріалів утвориться *p-n*-перехід. При подачі напруги прямої полярності (мінус - до матеріалу з електронною провідністю *n*, плюс - з дірковою провідністю *p*) через перехід піде струм, а при рекомбінації електронів і дірок буде виділятися енергія. Величина енергії квантів, що виділяються при рекомбінації, залежить від різниці енергетичних рівнів електронів у збудженому і нейтральному атомах, тобто від ширини забороненої зони. При ширині забороненої зони від 1,7 еВ до 3,4 еВ енергія випромінюваних квантів відповідає видимому діапазону спектра з довжинами хвиль від 700 нм до 400 нм.

Параметри СД, як і будь-якого ДС, можна розділити на вхідні і вихідні. До вхідних параметрів відносяться:

- прямий струм через СД I_{np} ;
- пряме спадання напруги при номінальному струмі U_{np} ;
- максимально припустима зворотна напруга $U_{зв.макс}$;
- вольт-амперна характеристика (залежність прямого спадання напруги від струму).

Номинальний прямий струм $I_{пр}$ через кристал розміром $0,1 \times 0,1$ мм дорівнює 20-40 мА. Максимально припустимий прямий струм $I_{пр.макс}$ залежить від умов охолодження конструкції СД, а при імпульсному режимі - від шпаруватості імпульсів.

Пряме спадання напруги $U_{пр}$ на СД при номінальному струмі залежить від енергії випромінюваних квантів і складає від 1,5 В для діодів, що випромінюють у ІЧ-області, до 4,2 В для СД, що випромінюють синє і фіолетове світло.

Максимально припустима зворотна напруга $U_{зв.макс}$ для більшості СД дорівнює 10 В.

Приклади вольт-амперних характеристик СД різних кольорів показано на рисунку 1.

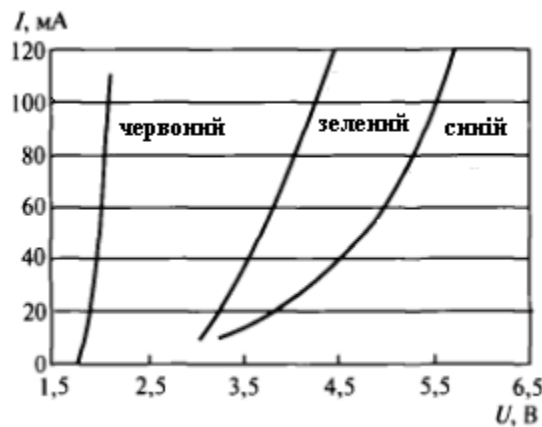


Рисунок 1 - Вольт-амперні характеристики СД.

Усі СД допускають роботу в імпульсному режимі з перевищенням амплітудного значення прямого струму над номінальним у 5-10 разів.

До вихідних параметрів СД відносять:

- світловий потік;
- кут випромінювання $2\alpha_{0,5}$;
- осьова сила світла I_0 ;
- кольоровість або випромінювання довжина хвилі в області максимуму випромінювання $\lambda_{макс}$;
- світлова віддача η_v (для ІЧ-діодів - ККД);
- яскравість L (указується для світних пластин);
- інерційність τ ;
- люмен-амперна характеристика (залежність світлового або променистого потоку СД від прямого струму).

Світловий потік Φ - найбільш важливий для світлотехніків параметр СД, однак він указується далеко не завжди і не всіма фірмами-виготовлювачами. Частіше в каталогах приводяться *осьова сила світла* I і *кут випромінювання* $2\alpha_{0,5}$, тобто повний кут, на границях якого сила світла складає 0,5 від осьової. Для СД з двома площинами симетрії, що виготовляються рядом фірм, у каталогах указуються кути в цих площинах $2\alpha_{0,5}$ і $2\beta_{0,5}$. Серед промислових СД розкид кутів випромінювання складає від 3° до 180° , тобто КСС СД можуть бути від дуже вузьких до дифузійних. Величина осьової сили світла визначається кутом випромінювання і світловим потоком. Для однокристальних СД червоного і зеленого кольорів вона складає від 0,5 до 150 кд, для синіх - від 0,1 до 30 кд.

Кольоровість випромінювання визначається шириною заборонної зони і, у меншому ступені, товщиною активного шару СД. Випромінювання СД не є строго монохроматичним: ширина спектральної смуги випромінювання складає від 10 нм до 20 нм (за рівнем 0,5). Положення максимуму випромінювання слабо залежить від прямого струму СД і від температури *p-n-переходу* (близько 0,05 нм/К). У даний час виробляють СД практично з будь-яким кольором випромінювання.

Біле світло СД одержують або за допомогою люмінофорів, що перетворюють короткохвильове випромінювання в більш довгохвильове, або адитивним змішуванням випромінювання трьох кристалів. Найбільш простий і дешевий спосіб - уведення люмінофора, що випромінює жовте світло, до складу полімерного корпусу синіх СД. Однак передача кольору таких СД невисока (R_a не більше 70). Кращу передачу кольору при більш високій світловій віддачі можна одержати, використовуючи три кольорових люмінофори, що випромінюють червоний, зелений і синій кольори (аналогічно ЛЛ з вузькосмуговими рідкісноземельними люмінофорами). З застосуванням люмінофорів створено СД з різною колірною температурою (від 3000 до 8000 К) при загальному індексі передачі кольору R_a до 85. При адитивному змішуванні випромінювань трьох кристалів можна одержати біле світло практично з будь-якою колірною температурою при R_a , близьким до 100, але з низькими частковими індексами передачі кольору.

Світлова віддача η_v лабораторних зразків червоних СД ($\lambda_{\text{макс}} = 611$ нм) досягає 102 лм/Вт і, за прогнозами фахівців, у найближчі роки може перевищити 150 лм/Вт. Вище 100 лм/Вт може бути також світлова віддача зелених (530 нм) і жовтих (598 нм) СД.

Яскравість L вказується в каталогах тільки для світлодіодних матриць і пластин з досить великою площею світіння. Яскравість залежить від кольору випромінювання і може перевищувати 10000 кд/м^2 .

Інерційність СД визначається часом наростання світлового потоку від 0,1 до 0,9 і спаду від 0,9 до 0,1 $\Phi_{\text{ном}}$ при подачі й знятті напруги. У сучасних СД цей час складає від 10 нс до 50 нс. Настільки мала інерційність дозволяє модулювати випромінювання СД із частотою до десятків МГц.

Типова люмен-амперна характеристика СД наведена на рисунку 2. На досить великих ділянках ця характеристика лінійна, однак при струмах, значно перевищуючих номінальні значення, у всіх СД спостерігається відхилення від лінійності (у бік насичення).

Лінійна залежність світлового потоку від прямого струму і мала інерційність СД дозволяють створювати на їхній основі світло- і кольородинамічні установки з дуже широкими діапазонами зміни яскравості й кольору, не досяжними при використанні інших ДС.

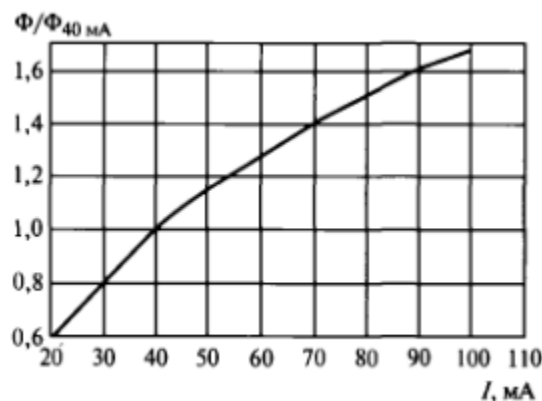


Рисунок 2 - Типова люмен-амперна характеристика СД

Живлення СД здійснюється в різних режимах: постійним струмом, в імпульсному режимі і функціональному режимі (наприклад, живлення струмом, сформованим за експонентою).

2 ОПИС УСТАНОВКИ

Вимірювання вольт-амперних і світлотехнічних характеристик світлодіодів здійснюють за допомогою приладу для вимірювання параметрів світлодіодів. Прилад містить два стояку, розміщені в ізольованому від зовнішнього освітлення об'ємі. На одному стояку розташований фотоприймач, на другому

установлюється світлодіод. Прилад містить клеми для підключення зовнішнього регульованого джерела живлення. Схема для вимірювання наведена на рисунку 4.

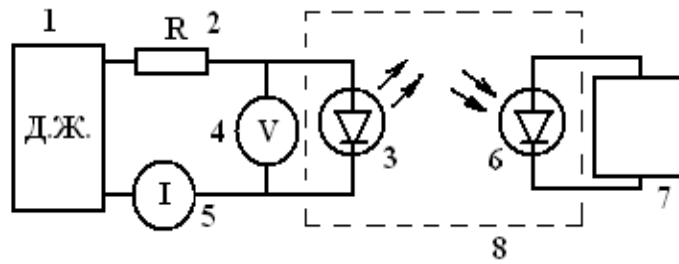


Рисунок 3 - Схема вимірювання

- 1 - регульоване джерело живлення постійного струму;
 2 - струмозадаючий резистор; 3 - світлодіод; 4 - вольтметр; 5 - амперметр;
 6 - фотоприймач; 7 - вимірювач струму фотоприймача;
 8 - об'єм, що ізолюваний від зовнішнього освітлення.

При вимірюванні залежності осьової сили світла від струму світлодіода величину сили світла беруть в одиницях струму фотоприймача.

3 ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Розрахувати величину опору струмозадаючого резистора R . Величину $U_{жив}$ - напруга джерела живлення; $U_{сд}$ - спадання напруги на СД і I_n - номінальний струм СД для досліджуваних СД задає викладач.
2. Зібрати схему вимірювання.
3. Змінюючи напругу джерела живлення, зняти вольт-амперну характеристику (залежність струму від живильної СД напруги), а також залежність осьової сили світла (в одиницях струму фотоприймача) від струму світлодіода.
4. Побудувати в прямокутній системі координат вольт-амперні характеристики досліджуваних СД.
5. Побудувати в прямокутній системі координат графіки залежності осьової сили світла (в одиницях струму фотоприймача) від струму світлодіода для всіх досліджуваних СД.

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Досліджувані світлодіоди встановлюють в затисках стояка приладу з урахуванням полярності таким чином, щоб оптична вісь СД збігалася з оптичною віссю фотоприймача.

2. Діапазон змін напруг для досліджуваних світлодіодів задається викладачем.
3. При встановленій напрузі живлення СД одночасно знімаються показання величини струму світлодіода і осьової сили світла (в одиницях струму фотоприймача).
4. Вольт-амперні характеристики для всіх досліджуваних СД будують на одному графіку.
5. Залежності осьових сил світла від струму СД для всіх досліджуваних світлодіодів будують на одному графіку.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Принцип роботи СД.
2. Вхідні параметри СД.
3. Вихідні параметри СД.
4. Як одержують біле світло?
5. В яких режимах здійснюється живлення СД?
6. Для чого служить і як розраховується струмозадаючий резистор?
7. Нарисувати схему вимірювання.
8. Проаналізувати вольт-амперні характеристики обмірюваних СД.
9. Проаналізувати отримані залежності осьової сили світла (в одиницях струму фотоприймача) від струму світлодіодів

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДІВ ТИПУ А і ТИПУ В

Мета роботи - вимірити криві сили світла окремих світлодіодів, визначити їхні світлові потоки.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Одиночні СВД характеризуються величинами сили світла і світлового потоку; СВД-модулі – яскравістю. Для характеристики джерел світла необхідно також знати обмеження блискості й контраст. Якщо світлодіоди застосовуються не для освітлення, то необхідно знати силу випромінювання (вт/ср), енергетичний потік (вт) і енергетичну яскравість (вт/ср·м²), а також опроміненість (вт/м²).

Крива сили світла виражається залежністю $I_a = f(\alpha)$, де I_a - сила світла світлодіода по напрямку α .

Крива сили світла визначається за допомогою розподільного фотометра шляхом вимірювання сили світла під різними кутами α обраної подовжньої площини. Приймачем у фотометрі служить фотоелемент. Фотометричний закон віддаленості стверджує, що сила світла може бути обчислена за освітленістю, якщо відстань фотометрування більше, ніж фотометрична межа, а формула Фауста показує, що для досягнення точності в 1 % фотометрування необхідно проводити на відстані, яка в 10 разів перевищує максимальний розмір джерела або приймача випромінювання.

Криву світлорозподілу зазвичай зображують у полярній системі координат, відкладаючи під різними кутами α обмірювану силу світла і з'єднуючи плавною кривою кінці відрізків сил світла. Якщо світлодіод несиметричний, то КСС знімають для різних меридіональних площин.

Світловий потік виміряється у фотометричних кулях, наприклад, діаметром 25 см, в яких він порівнюється з потоком близького за параметрами еталонного джерела світла. Також він може бути визначений по відомій КСС. Для цього простір, у який світлодіод посилає світловий потік, розбивається на зони (тілесні кути). Робиться допущення, що сила світла світлодіода постійна в межах кожної зони і дорівнює силі світла в середині зони. Потім підраховуються світлові потоки, що посилаються світлодіодом у кожен зону простору:

$$\Delta\Phi_i = I_{ai}\Delta\omega_i = 2\pi I_{ai}(\cos\alpha_i - \cos\alpha_{i-1}), \quad (1)$$

де $\Delta\Phi_i$, — світловий потік, що посиляється світлодіодом в i -у зону;

I_{ai} — сила світла в середині i -ї зони;

$\Delta\omega_i$ — тілесний кут i -ї зони;

α_i, α_{i-1} — кути, що визначають границі i -ї зони.

Повний світловий потік світлодіода Φ_{cv} дорівнює сумі світлових потоків $\Delta\Phi_i$ всіх зон:

$$\Phi_{cv} = \sum_i \Delta\Phi_i. \quad (2)$$

де Φ_{cv} — світловий потік світлодіода.

Відомо, що похибка при вимірюванні сили світла суттєво залежить від кута випромінювання світлодіодів. Разом з тим виробники мають характеризувати всі СВД, що випускаються, за єдиною методикою. Тому МКО розробило і рекомендувало правила вимірювання сили світла СВД. Колосиметричні корпуси СВД при вимірюваннях мають встановлюватися таким чином, щоб оптична вісь була направлена в центр приймача випромінювання перпендикулярно його поверхні. Поверхня приймача має бути круглою з площиною 1 см^2 (відповідно діаметр апертурної бленди $11,28 \text{ мм.}$) і мати рівномірну чутливість по всій площині; відстань від «верхівки» СВД до апертурної бленди приймача має складати для СВД типу «А» $d_A = 316 \text{ мм}$ і для СВД типу «В» - $d = 100 \text{ мм}$.

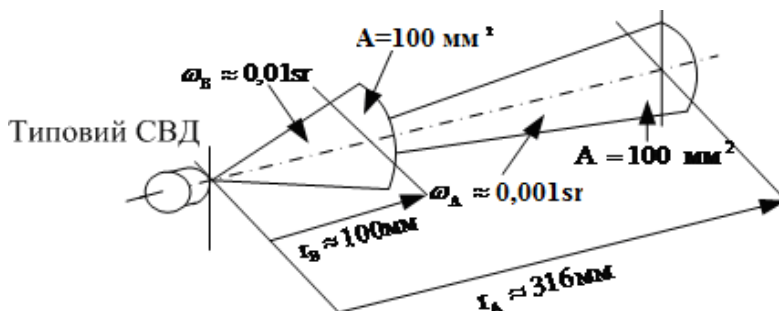


Рисунок 1 - Рекомендована МКО геометрія вимірювань усередненої сили світла світлодіодів типу «А» і типу «В»

2 ОПИС УСТАНОВКИ

Вимірювання світлотехнічних характеристик світлодіодів здійснюють за допомогою приладу для вимірювання параметрів світлодіодів. Прилад обладнаний платформою, що обертається, яка містить клеми для підключення світлодіодів. Приймач випромінювання світлодіода встановлюється на фіксованій відстані від світлодіода (100 або 316 мм.) в ізолюваному (окрім малого отвору) від зовнішнього освітлення об'ємі. Схема для вимірювання наведена на рисунку 2.

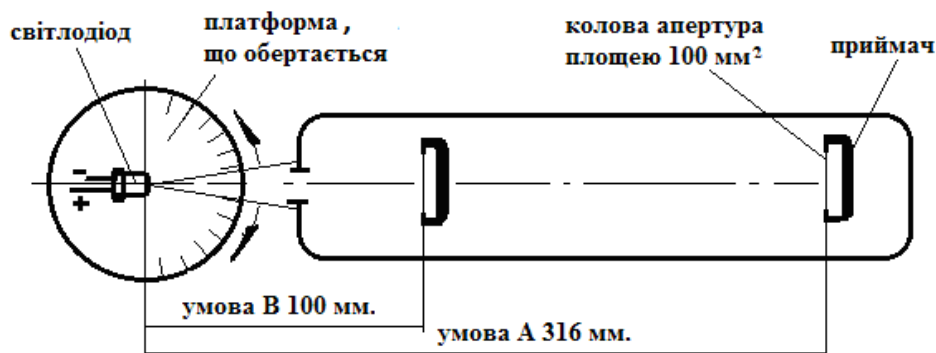


Рисунок 2 - Схема вимірювання КСС світлодіодів.

При вимірюванні сили світла, величину сили світла беруть в одиницях струму фотоприймача.

3 ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Виміряти силу світла світлодіодів типу А і типу В як функції кута α . Світлодіоди для вимірювань видаються викладачем.
2. Побудувати криві сил світла в полярній системі координат.
3. Розрахувати методом зональних коефіцієнтів за кривими сил світла світлові потоки світлодіодів. Значення тілесних кутів $\Delta\omega$ слід брати з таблиці (Додаток 1).

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Досліджувані світлодіоди встановлюють в затисках на платформі приладу з урахуванням полярності таким чином, щоб оптична вісь СД збігалася з оптичною віссю фотоприймача.
2. Діапазон змін кута α для досліджуваних світлодіодів задається викладачем.
3. Сила світла світлодіодів вимірюється в одиницях струму фотоприймача.
4. КСС (в одиницях струму фотоприймача) для всіх досліджуваних СД будують на одному графіку.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Мета роботи.
2. Перелічити основні світлотехнічні характеристики світлодіодів.
3. Яка відстань фотометрирування? Чим вона обумовлена?
4. Пояснити з чим пов'язане застосування різних схем вимірювання світлодіодів типу А і типу В.
5. Методика зняття КСС.
6. Який порядок розрахунку світлового потоку світлодіодів по їх КСС?
7. Чим викликані похибки вимірювань?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДІВ

Мета роботи - визначити динаміку нагріву і залежність світлового потоку світлодіодів (СД) від температури.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Температура середовища T_c , за якою оцінюються параметри СД, має становити $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після подачі вхідної потужності на кристал його температура T_k зростає та стабілізується на рівні $T_k > T_c$. Рівень температурних змін залежить від величини вхідної потужності, теплоємності та теплопотужності корпусу СД. Після досягнення теплової рівноваги значення T_k визначається передачею тепла до середовища, яка відбувається в основному через підкладку СД.

Характери спектральних розподілів СД залежать як від споживаної потужності, так і від температури кристала, стабілізація струму та температури є найкращими способами регулювання умов функціонування та підтримування усталеного спектрального розподілу.

Рисунок 1 ілюструє положення характерних довжин хвиль. Характер розподілу є типовим для всіх СД з нульовими значеннями за межами діапазону довжин хвиль $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2$ і одним суттєвим максимумом в ньому.

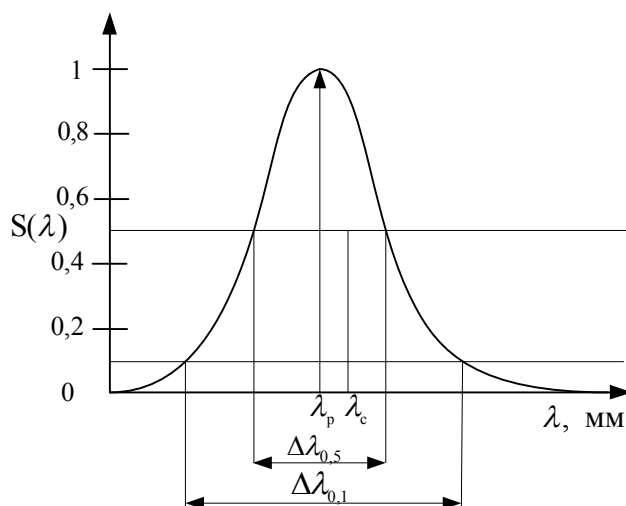


Рисунок 1 – Типовий відносний спектральний розподіл СД, який показує положення характерних довжин хвиль та інтервалів довжин хвиль

Довжина хвилі в максимумі спектрального розподілу відома як **пікова довжина хвилі λ_p** . Абсолютний спектральний розподіл переважно нормується на цій довжині хвилі краще, ніж на будь-якій іншій хвилі, для того щоб одержати відносний спектральний розподіл з максимальним значенням, який дорівнює одиниці.

Ширина спектральної смуги на рівні половини максимуму інтенсивності обчислюється за двома довжинами хвиль $\lambda_{0,5}'$ і $\lambda_{0,5}''$, які перебувають по обидві сторони від λ_p , і на яких інтенсивності становлять 50 % максимальної:

$$\Delta\lambda_{0,5} = \lambda_{0,5}'' - \lambda_{0,5}'$$

Примітка: в деяких областях застосування також використовується значення $\Delta\lambda_{0,1}$ (див. рис. 1), ширина діапазону визначається між двома довжинами хвиль, на яких інтенсивності становлять 10% максимальної.

Довжина хвилі посередині двох обмежуючих довжин хвиль $\lambda_{0,5}'$ і $\lambda_{0,5}''$ спектральної смуги, на яких інтенсивності становлять 50 % встановленого рівня, обчислюється за допомогою формули:

$$\lambda_{0,5} = \frac{1}{2} (\lambda_{0,5}' + \lambda_{0,5}'')$$

Центроїдна довжина хвилі λ_c , що (як абсциса) відповідає розташуванню центра ваги «спектрального розподілу» і значення якого обчислюють за формулою:

$$\lambda_c = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \lambda S_X(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_X(\lambda) d\lambda}.$$

Центроїдна довжина хвилі може бути сильно залежною від дуже малих значень відносного спектрального розподілу на спадаючих «хвостах» кривої, де невизначеність вимірювання збільшується завдяки впливу розсіяного випромінювання, шумових ефектів, дрейфу підсилювача.

На рисунку 2 показані експериментально отримані спектральні розподіли світлодіода за умов зміни температури, що наочно підтверджує значну залежність від температури інтенсивності випромінювання, пікової довжини хвилі та ширини спектральної смуги.

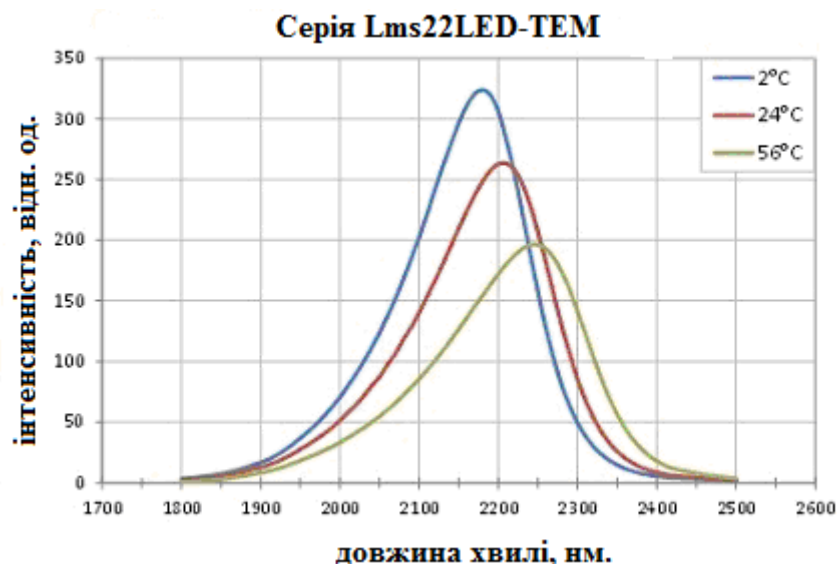


Рисунок 2 – Спектральні розподіли випромінювання світлодіода за умов зміни температури

2 ОПИС УСТАНОВКИ

Вимірювання світлодіодів здійснюються за допомогою приладу показаному на рисунку 3. Прилад обладнаний платформою, що повертається на 90° , на якій розміщені світлодіод 1 і світлодіод 2, що вимірюються. Приймач випромінювання СД встановлюється на фіксованій відстані від світлодіоду (100 мм.) в ізолюваному (окрім малого отвору) від зовнішнього освітлення об'єму. При вимірюванні, світлодіод встановлюється вздовж оптичної вісі навпроти приймача випромінювання. Коли вимірювання світлодіода 1 закінчені, на його місце встановлюється (поворотом платформи на 90°) світлодіод 2, і вимірювання продовжуються. Температура світлодіодів вимірюється термопарою, яка закріплюється на вимірювальному СД, за допомогою цифрового мультиметра DT838. Світловий потік вимірюється іншим мультиметром в одиницях струму фотоприймача. В експерименті використовують два однакових світлодіода потужністю 3 вати, на одному з яких (світлодіод 2) встановлений радіатор для відведення тепла.

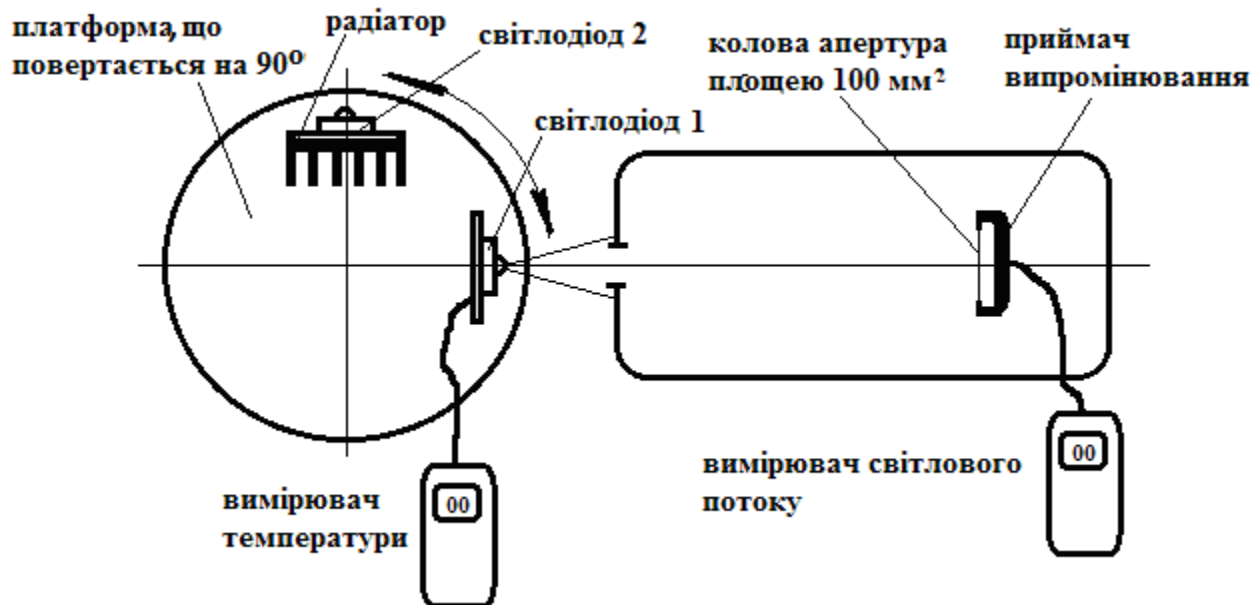


Рисунок 3 - Схема вимірювального приладу

3 ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Виміряти для світлодіода 1 залежність температури за проміжок часу з моменту включення напруги живлення і до моменту нагріву світлодіода до температури $T = 50^{\circ}\text{C}$ [$T^{\circ}\text{C} = f(t, \text{сек})$]. Дані занести в таблицю.

2. Одночасно виміряти для світлодіода 1 залежність світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) за той же проміжок часу [$\Phi = f(t, \text{сек})$] (дивись п.1.). Дані занести в таблицю.

ЗАСТЕРЕЖЕННЯ: Не допускати перегріву світлодіода 1. Відключити живлення світлодіода коли його вимірювана температура досягне $T = 50^{\circ}\text{C}$.

3. Повернути платформу на 90° . Підготувати світлодіод 2 (з радіатором) до вимірювань.

4. Виміряти для світлодіода 2 залежність температури СД за проміжок часу з моменту включення напруги живлення впродовж часу, який був потрібен для нагріву світлодіода 1 до температури $T = 50^{\circ}\text{C}$ (дивись п.1). Дані занести в таблицю.

5. Одночасно виміряти для світлодіода 2 залежність світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) за той же проміжок часу (дивись п. 4, п. 2). Дані занести в таблицю.

6. Побудувати графік залежності температури світлодіода 1 та світлодіода 2 за проміжок часу [$T^{\circ}\text{C} = f(t, \text{сек})$]. Дивись п. 1 та п. 4.

7. Побудувати графік залежності світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) світлодіода 1 та світлодіода 2 за той же проміжок часу [$\Phi = f(t, \text{сек})$]. Дивись п. 2 та п. 5.

4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Залежність температури і світлового потоку від часу для кожного СД вимірюються одночасно. (Інформація одночасно знімається з двох мультиметрів
2. Світовий потік світлодіодів вимірюється в одиницях струму фотоприймача.
3. Залежність температури від часу для світлодіода з радіатором і без, будується на одному графіку.
4. Залежність світлового потоку від часу для світлодіода з радіатором і без, будується на одному графіку.

5 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Мета роботи.
2. Спектральний розподіл СД. Пікова довжина хвилі. Ширина спектральної смуги на рівні половини максимуму інтенсивності.
3. Довжина хвилі посередині двох обмежуючих довжин хвиль $\lambda'_{0,5}$ і $\lambda''_{0,5}$. Центроїдна довжина хвилі λ_c .
4. Пояснити схему вимірювання світлодіодів.
5. Пояснити графік залежності температури за проміжок часу для світлодіодів з охолодженням та без.
6. Пояснити графік залежності світлового потоку за проміжок часу для світлодіодів з охолодженням та без.
7. Чим викликані похибки вимірювань?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ ПІДКЛЮЧЕННЯ СВІТЛОДІОДІВ

Мета роботи – ознайомитись з основними принципами конструювання електричних схем з світлодіодами та правилами підключення світлодіодів до джерела живлення.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Основною характеристикою світлодіода є залежність яскравості світіння від рівня струму, що протікає через світлодіод. Якісно ця характеристика збігається з вольт-амперною характеристикою. На рисунку 1 приведені типові вольт-амперні характеристики світлодіода і залежність сили світла від струму.

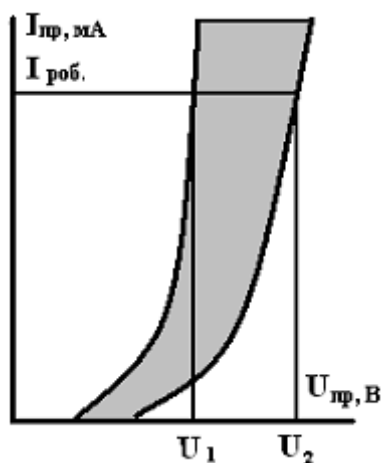


Рисунок 1 а - Вольт-амперна характеристика СД.



Рисунок 1 б - Типова (показані зони розкиду) залежність сили світла від струму

На графіку, що описує залежність сили світла від величини струму виділяються дві області: нелінійна зона малих струмів, що характеризується швидким зростанням напруги на світлодіоді і малим рівнем свічення і практично лінійна робоча зона. У робочій точці напруга на світлодіоді змінюється несуттєво.

Всі світлодіоди мають один головний електричний параметр, при якому забезпечується його нормальна робота. Це струм (I), що протікає через світлодіод. Світлодіод не можна назвати двох або трьохвольтовим. Технологія виготовлення кристалів не дозволяє зробити два світлодіоди з однаковим, назовемо його, «внутрішнім опором». Через світлодіод треба пропустити струм (згідно заводським параметрам) і виміряти напругу на його кінцівках. Ця напруга і буде забезпечувати перебіг потрібного струму через кристал світлодіода. Але за звичай виробник вказує середню напругу для партії світлодіодів при оптимальному струмі. І ніхто не займається точним підбором

струму для кожного світлодіода. У таблиці 2 Додатку наведені приблизні напруги світлодіодів в залежності від кольору.

Аналізуючи вольт-амперну характеристику світлодіода бачимо, що із-за розкидів її характеристик при деякому постійному струмі, що протікає через світлодіод, падіння напруги на світлодіоді має розкид (що зазвичай не перевищує 10%). При зміні температури навколишнього середовища падіння напруги на світлодіоді змінюється.

Тому для стабілізації робочих характеристик світлодіода необхідно підтримувати постійну величину струму, що протікає через нього. Це обумовлено тим, що завдання стабілізації напруги в робочій точці надзвичайно складне.

Стабілізація робочого струму через світлодіод здійснюється зовнішніми елементами, простішим з яких є постійний резистор, включений послідовно зі світлодіодом. Використання активних систем стабілізації приводить до істотного дорожчання схеми, хоча і дає кращі результати. При розробці схем живлення і управління світлодіодами, що працюють в стаціонарних умовах, потрібно враховувати такі чинники, як складність і вартість керуючої схеми, її ККД, а також можливість компенсації температурної залежності інтенсивності випромінювання світлодіодів.

Найпростішою схемою управління світлодіодами є джерело постійної напруги: батарея або трансформатор з випрямлячем на виході. Всі схеми живлення світлодіодів постійною напругою володіють двома недоліками. По-перше, залежність струму, що протікає через діод, від напруги носить експоненціальний характер. Тому незначні зміни напруги, що управляє, приводять до серйозних змін струму. По-друге, порогова напруга діода залежить від температури. Тому будь-які зміни температури викликають сильні зміни струму.

На рисунку 2 показані вольт-амперні характеристики світлодіодів, що працюють від джерела постійної напруги. Видно, що послідовне включення діода з резистором знижує температурну чутливість струму, що протікає через діод. При такому способі включення світлодіода температурний коефіцієнт струму, що протікає через нього, визначається величиною послідовного опору і температурними характеристиками самого діода.

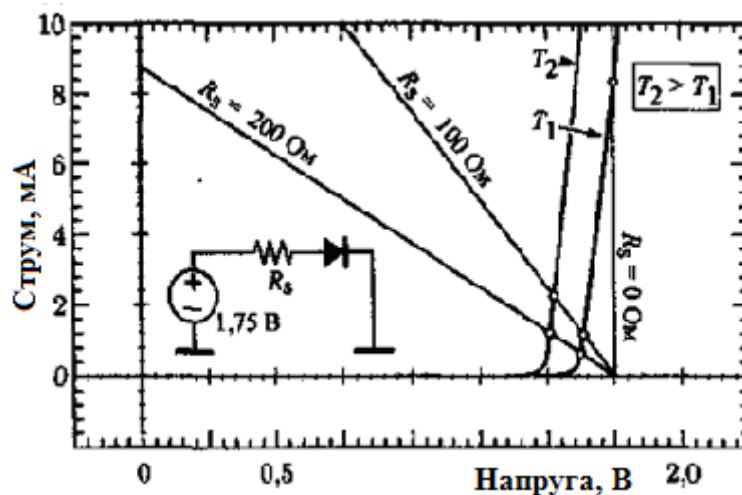


Рисунок 2 - Схема живлення світлодіодів з послідовним опором R_S

Робочими вважаються точки перетину ліній навантажень з вольт-амперними характеристиками. Наявність в схемі невеликих опорів R_S приводить до зростання струму через діод при підвищенні температури, що дозволяє компенсувати зниження інтенсивності випромінювання.

Інтенсивність випромінювання світлодіодів із-за безвипромінювальної рекомбінації із зростанням температури знижується. При збільшенні температури знижується і величина порогової напруги. Для зменшення температурної залежності інтенсивності випромінювання світлодіодів застосовують джерела постійної напруги з послідовно включеними резисторами. Як видно з рис. 2, в таких схемах при збільшенні температури струм, що протікає через діод, росте, тобто відбувається компенсація зниження інтенсивності випромінювання, викликаного зростанням температури. Але тут слід зазначити, що при використанні послідовного опору зменшується ефективність перетворення електричної енергії в світлову, оскільки частина електричної потужності втрачається на резисторі.

Температурна залежність інтенсивності випромінювання світлодіодів особливо актуальна в тих випадках, коли світлодіоди експлуатуються поза приміщеннями. Наприклад, в жаркі літні дні температура і освітлення досить високі, а в умовах підвищеної зовнішньої освітленості світлодіоди повинні світитися яскравіше. Проте інтенсивність випромінювання світлодіодів із зростанням температури, навпаки, знижується. Для компенсації зниження інтенсивності випромінювання, а також для її деякого збільшення при підвищенні температури необхідно збільшувати струм.

Режим живлення постійним струмом є найбільш бажаним, тому що для його здійснення немає потреби у спеціальних пристроях (генераторах).

СД підключаються до джерела живлення через струмозадаючий резистор. Опір цього резистора визначається з виразу:

$$R = (U_{\text{дж}} - U_{\text{сд}}) / I_{\text{н}},$$

де $U_{\text{дж}}$ - напруга джерела живлення; $U_{\text{сд}}$ - спадання напруги на СД, значення якого коливається від 1,0 В до 3,7 В; $I_{\text{н}}$ - номінальний струм СД.

Напруга на резисторі перетвориться в тепло. Для того, щоб резистор витримав навантаження, а тепло не призвело до виходу його з ладу, необхідно обчислити розсіювану резистором потужність за формулою

$$P = U_R \cdot I_{\text{н}},$$

де U_R – падіння напруги на резисторі ($U_R = U_{\text{дж}} - U_{\text{сд}}$).

Припустимо послідовне включення декількох світлодіодів із загальним елементом стабілізації струму (резистором). Такий елемент називають кластером.

На рисунку 3 приведені схеми електроживлення світлодіодів.

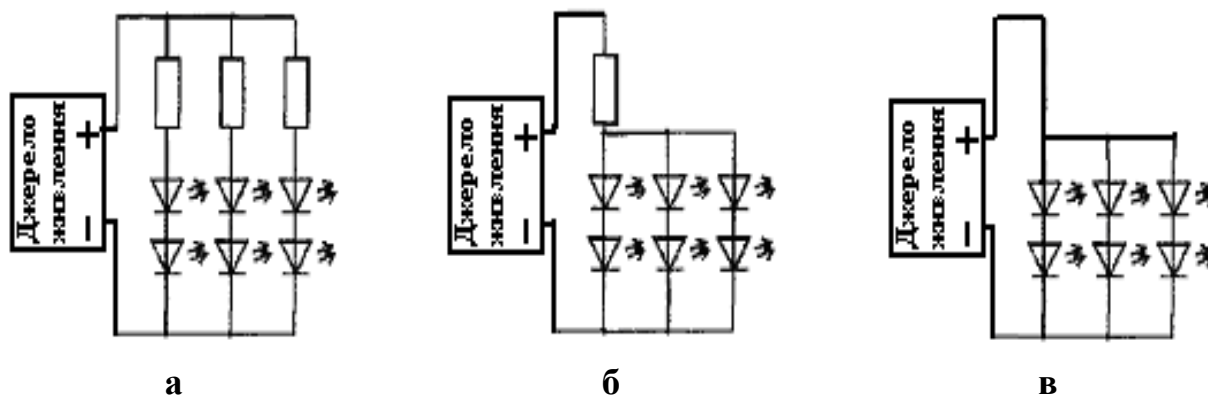


Рисунок 3 - а, б, в: Схема електричного живлення СД

На рисунку 3а - наведена правильна схема підключення до загального джерела електроживлення декількох ланцюгів (кластерів). На рисунку 3б і 3в - відповідно – невірні варіанти підключень.

При послідовному включенні декількох світлодіодів формула розрахунку не міняється. Проте замість падіння напруги на одному світлодіоді $U_{\text{сд}}$, у формулі слід підставити суму падінь напруги кожного зі світлодіодів. Звідси витікає наступне. При послідовному включенні всі світлодіоди повинні бути розраховані на однаковий номінальний струм, проте номінальне падіння напруги цих світлодіодів може бути різним. Приклад: Підключаємо послідовно червоний і білий СД до джерела живлення 12 В. При цьому обидва СД мають номінальний струм 20 мА. Падіння напруги на першому – 2 В, на другому – 3,2 В (див. Таблицю 2). Використовуючи формулу $R = (U_{\text{дж}} - U_{\text{сд}1} - U_{\text{сд}2}) / I_{\text{н}}$ і підставляючи відповідні значення, знаходимо опір навантаження $R = 340$ ом. Потужність використовуваного резистора повинна бути не менше 0,14 Вт.

2 ОПИС УСТАНОВКИ

Установка для проведення лабораторної роботи складається з блоку живлення постійного струму (12 В, 1,5 А), монтажної плати, яка містить клеми для підключення світлодіодів, резисторів та проводів, набір світлодіодів різної потужності, набір резисторів різного опору та потужності, набір монтажних проводів.

3 ЗАВДАННЯ І ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Завдання на підключення певної кількості світлодіодів різної потужності і кольоровості видає викладач.

2. Розробити принципову схему підключення світлодіодів за вказівкою викладача (дивись п.1.).

3. Після перевірки принципової схеми викладачем, розрахувати параметри резисторів. Параметри СД дивись у таблиці Додатку 2. При виборі потужності резистора з регламентованого ряду, вибирати найближче більше за значенням до розрахованого. Дані занести в таблицю.

4. На монтажній платі зібрати макет розробленої схеми підключення світлодіодів.

5. Після перевірки макету викладачем, підключити його до блоку живлення.

ЗАСТЕРЕЖЕННЯ. Перевірка зібраного макету викладачем, перед підключенням його до блоку живлення – обов'язкова.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Мета роботи.

2. Навести схему живлення світлодіодів з послідовним опором. Пояснити роль резистора в роботі такої схеми.

3. Пояснити схему живлення світлодіодів (Рис. 2).

4. Навести схему послідовного включення декількох світлодіодів різної кольоровості. Чим обумовлена саме така схема включення?

5. Пояснити порядок розрахунку елементів схеми живлення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО МОДУЛЯ ASCRICHE

Мета роботи – визначити електричні та світлотехнічні характеристики світлодіодного модуля експериментальним методом.

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Відомо, щоб використовувати СД для заміни традиційних ДС, потрібні додаткові пристрої (випрямлячі, схема стабілізації режиму роботи світильника). СД модулі «Acriche» мають усі достоїнства СД, і при цьому вони можуть працювати безпосередньо від мережі змінного струму 110 чи 220 В, без використання додаткових пристроїв.

Робота модуля «Acriche» не залежить від полярності напруги, оскільки в його кристал вбудована інтегральна схема, що складається з безлічі дрібних випромінюючих елементів (дивись рис. 1).

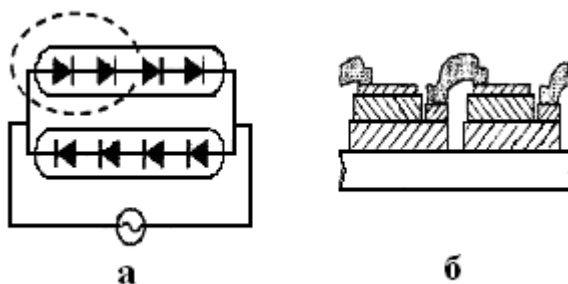


Рисунок 1 – Схема сполучення світловипромінюючих елементів у кристалі (а); вид сполук суміжних елементів (б)

Модуль містить дві групи світловипромінюючих елементів, з'єднаних послідовно, причому кожна група елементів утворить зигзагоподібну структуру, що дозволяє пристрою випромінювати світло більш синхронно і рівномірно.

У таблиці показано, що по кольоровій температурі модулі «Acriche» поділяються на білі і тепло-білі. При цьому білі мають світлову віддачу 60 лм/Вт, тоді як тепло-білі випускаються в двох сполученнях світлова віддача — загальний індекс передачі кольору: 35 лм/Вт — 70 і 29 лм/Вт — 80.

Світлотехнічні параметри модулів «Acriche»

Параметр	Значення			Одиниця вимірювання
	Білі	Тепло-білі		
Світлова віддача	60	35	29	лм/Вт
Кольорова температура	6500	3000		К
Загальний індекс кольоропередавання (Ra)	70	70	80	-
Кут випромінювання	120	110		град.

Існує кілька модифікацій модулів «Acriche», розрахованих на вмикання в мережі 100, 110, 220 чи 230 В (перемінного струму), у залежності від стандартної мережевої напруги конкретної країни. Крім того, модулі розрізняються по потужності: 2, 4, 8 і 12 Вт.

Кути випромінювання модулів лежать у межах $110 - 120^\circ$. Останні можна змінювати за допомогою вторинної оптики.

Уявлення про спектральний склад випромінювання модулів дає рис. 2 а, б.

Кольорова температура білих модулів лежить у межах від 4500 до 10 000 К, а тепло-білих - від 2600 до 3500 К.

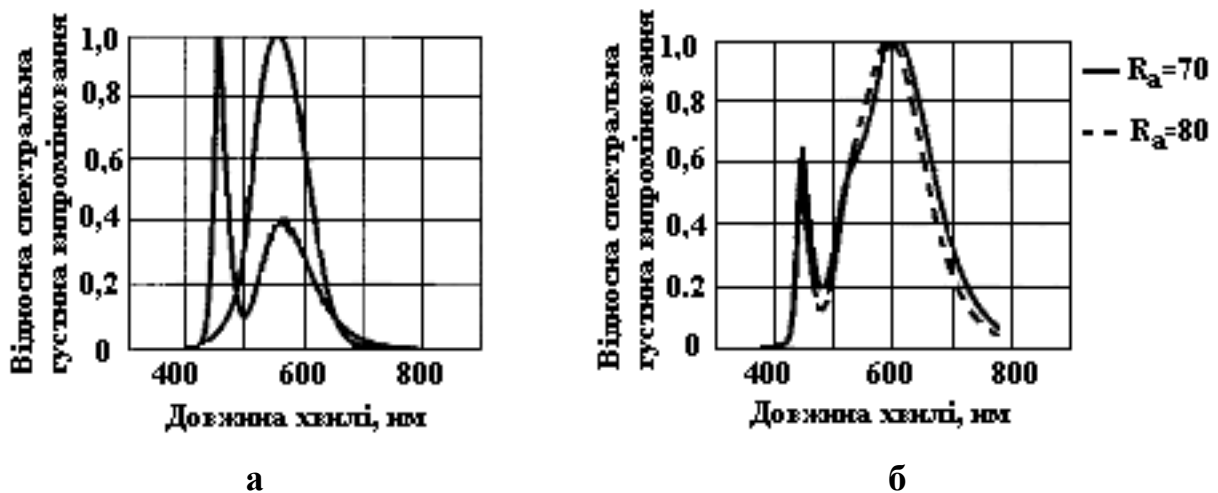


Рисунок 2 а, б – Спектри випромінювання білих (а) і тепло-білих (б) модулів «Acriche»

При нагріванні модулів «Acriche» їхній світловий потік і термін служби знижуються. **Організація теплового режиму роботи — украй важливе питання застосування цих виробів.** У Додатку 3 наведено розрахунок теплових режимів радіаторів, що використовують для відведення тепла від охолоджуваних систем.

СД широко використовують у всіх видах освітлення. Модулі безпосередньо включаються в розетки мереж змінного струму, без додаткового випрямлення, виключаючи, тим самим, конверсійні втрати. Крім того, яскравість модулів «Acriche» може легко регулюватися за допомогою змінних резисторів.

2 ОПИС УСТАНОВКИ

Установка для проведення лабораторної роботи складається з латру, який підключається до мережі змінного струму 220 В, амперметра, вольтметра та світлодіодного модуля (дивись схему установки). Випромінювання модуля «Acriche» фіксується люксометром, встановленим вздовж оптичної вісі світлодіода на відстані не менше 8 – 10 максимальних розмірів модуля.

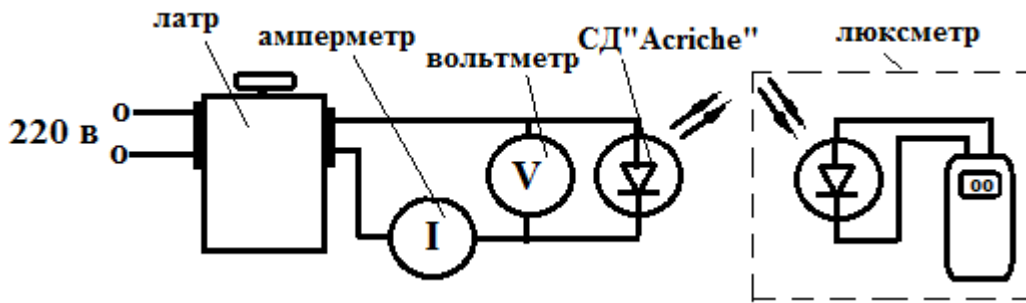


Рисунок 3 – Схема вимірювальної установки

3 ЗАВДАННЯ І ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Розрахувати радіатор для світлодіодного модуля «Acriche» (Додаток 3). Тип модуля та його довідникові дані видає викладач.

2. Зібрати схему вимірювання (Рис. 3).

3. Змінюючи латром (дивись рис. 3) напругу живлення модуля, зняти вольт-амперну характеристику (залежність струму від живильної напруги), а також залежність світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) від напруги.

ЗАСТЕРЕЖЕННЯ. Напруга живлення світлодіодного модуля не може перевищувати 240 В.

4. Побудувати в прямокутній системі координат графіки залежності світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) від напруги на досліджуваному модулі.

4 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Мета роботи.

2. Пояснити конструкцію і принцип роботи світлодіодного модуля «Acriche».

3. Пояснити порядок розрахунку радіатора для СД модуля.

4. Навести схему вимірювання електричних та світлотехнічних характеристик модуля.

5. Пояснити побудовані графіки вольт-амперної характеристики, а також графік залежності світлового потоку (в одиницях струму фотоприймача) від напруги.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Назаренко Л. А. Основи радіометрії та фотометрії: монографія / Л. А. Назаренко, В. М. Сорокін; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Харків.; ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014, - 352 с.
2. Карась В. І. Світлодіоди: фізика, технологія, застосування: навч. Посібник / В. І. Карась, Л. А. Назаренко, І. В. Карась; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова - Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2012, - 323 с.
3. Литвиненко А. С. Світлові прилади: навч. посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів /А. С. Литвиненко, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 125 с.
4. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Знак, 2006. – 972 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця - Зональні тілесні кути при $\Delta\alpha = 2^0$

Зони кутів α	Напрямок, що відповідає середині зони, α	ω , стер.	Зони кутів α	Напрямок, що відповідає середині зони, α	ω , стер
0-2	1	0,00383	46-48	47	0,1603
2-4	3	0,01150	48-50	49	0,1654
4-6	5	0,01910	50-52	51	0,1703
6-8	7	0,02667	52-54	53	0,1749
8-10	9	0,03430	54-56	55	0,1793
10-12	11	0,04115	56-58	57	0,1833
12-14	13	0,04920	58-60	59	0,1872
14-16	15	0,0567	60-62	61	0,1914
16-18	17	0,0640	62-64	63	0,1953
18-20	19	0,0714	64-66	65	0,1986
20-22	21	0,0788	66-68	67	0,2017
22-24	23	0,0855	68-70	69	0,2047
24-26	25	0,0926	70-72	71	0,2072
26-28	27	0,1001	72-74	73	0,2095
28-30	29	0,1063	74-76	75	0,2121
30-32	31	0,1128	76-78	77	0,2139
32-34	33	0,1186	78-80	79	0,2149
34-36	35	0,1254	80-82	81	0,2166
36-38	37	0,1319	82-84	83	0,2177
38-40	39	0,1376	84-86	85	0,2183
40-42	41	0,1436	86-88	87	0,2187
42-44	43	0,1494	88-90	89	0,2190
44-46	45	0,1549			

Додаток 2

Таблиця падіннь напруги на світлодіодах залежно від кольору

Колірна характеристика СД	Довжина хвилі	Падіння напруги
Інфрачервоні	від 760 нм	до 1.9 В
Червоні	610 - 760 нм	від 1.6 до 2.03 В
Помаранчові	590 - 610 нм	від 2.03 до 2.1 В
Жовті	570 - 590 нм	від 2.1 до 2.2 В
Зелені	500 - 570 нм	від 2.2 до 3.5 В
Сині	450-500 нм	від 2.5 до 3.7 В
Фіолетові	400 - 450 нм	від 2.8 до 4 В
Ультрафіолетові	до 400 нм	від 3.1 до 4.4 В
Білі	Широкий спектр	від 3 до 3.7 В

Додаток 3

Розрахунок радіатора

З появою потужних світловипромінюючих структур постало актуальним питання про забезпечення ефективного теплового режиму їх роботи, оскільки збільшення величини струму через кристал веде до його нагрівання. Якщо тепла виділяється більше ніж розсіюється в навколишньому просторі, то температура кристала буде рости і може перевищити максимально припустиму. При цьому його структура буде необоротно зруйнована.

Надійність роботи напівпровідникових структур визначається ефективністю їх охолодження. Найбільш ефективним є конвективний механізм охолодження, при якому тепло уносить потік газоподібного або рідкого носія. Зазвичай використовується навколишнє повітря. За способом переміщення теплоносія розрізняють природну та примусову вентиляцію. У разі природного переміщення теплоносія відбувається за рахунок тяги, що виникає навколо нагрітого радіатора. У разі примусового – за допомогою вентилятора.

Теплові розрахунки можна значно спростити, якщо використати теплову модель охолодження (рис. 1).

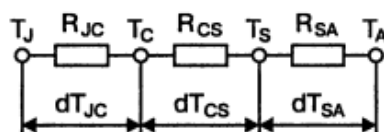


Рисунок 1 - Теплова модель охолодження

Тут різниця між температурою кристала T_J і температурою середовища T_A викликає тепловий потік, що переміщується від кристала до навколишнього

середовища, через тепловий опір R_{JC} (кристал – корпус), R_{CS} (корпус – радіатор) і R_{SA} (радіатор – навколишнє середовище).

Тепловий опір має розмірність $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. У загальній сумі тепловий опір R_{JA} на ділянці кристал – навколишнє середовище можна знайти за формулою:

$$R_{JA} \leq \frac{T_J - T_A}{P_{\text{III}}},$$

де P_{III} - потужність, що розсіюється на кристалі напівпровідникового приладу, Вт.

Тепловий опір R_{JC} і R_{CS} наводяться в довідникових даних на прилад. Наприклад, згідно з довідковими даними на транзистор IRFP250N, його тепловий опір на ділянці кристал – радіатор дорівнює

$$R_{JC} + R_{CS} = 0,7 + 0,24 = 0,94 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Це значить, що коли на кристалі виділяється потужність 10 Вт, його температура буде на $9,4^{\circ}\text{C}$ більша за температуру радіатора.

Тепловий опір радіатора можна знайти за формулою:

$$R_{SA} = R_{JA} - R_{JC} - R_{CS}.$$

На рисунку 2 наведені графічні залежності між периметром перерізу алюмінієвого радіатора та його тепловим опором для природного (червона лінія) та примусового (синя лінія) охолодження повітряним потоком.

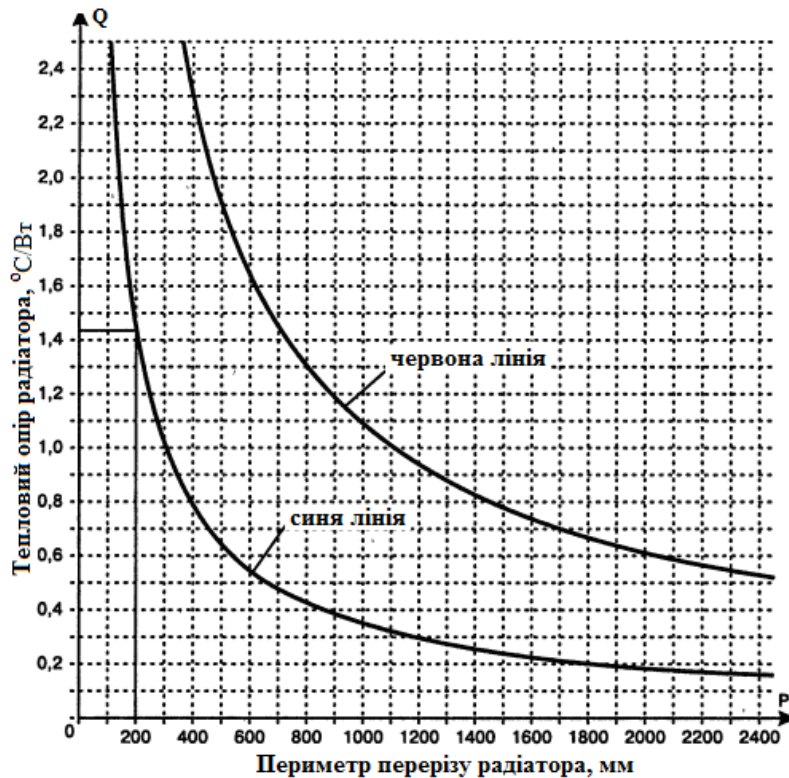


Рисунок 2 - Залежність між периметром перерізу радіатора та його тепловим опором

При розрахунках вважається, що:

- радіатор має довжину 150 мм.;
- різниця між температурою радіатора T_s та температурою навколишнього середовища T_a становить

$$\Delta T = T_s - T_a = 75^\circ\text{C};$$

* швидкість потоку примусового охолодження складає 2 м/с.

Якщо умови охолодження відрізняються від указаних вище, то необхідну поправку можна внести, скористувавшись графіками (дивись рис. 3 – рис. 5).

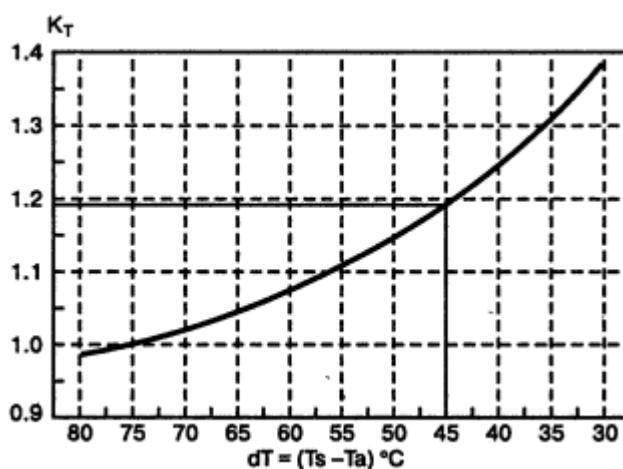


Рисунок 3 - Поправочний коефіцієнт на різницю температури радіатора і навколишнього середовища

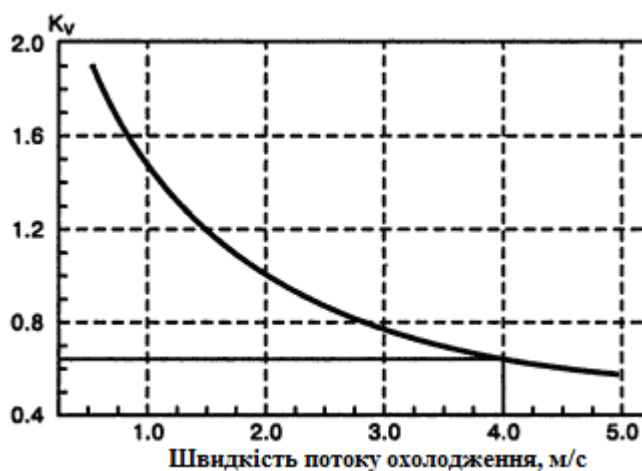


Рисунок 4 - Поправочний коефіцієнт на швидкість повітряного потоку

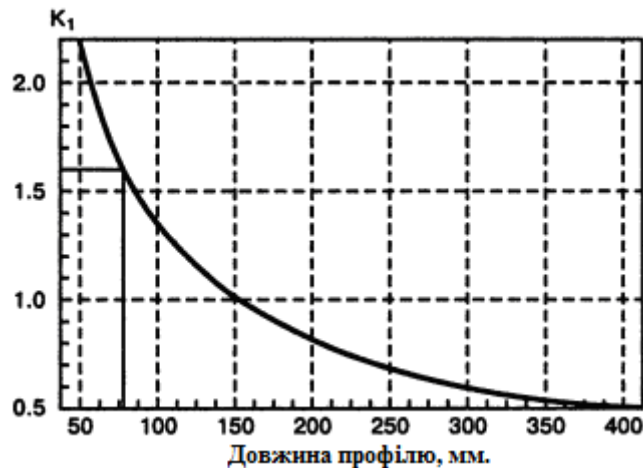


Рисунок 5 - Поправочний коефіцієнт на довжину радіатора

Для прикладу зробимо розрахунок радіатора для охолодження транзистора ЕРСТ, що складається з 20 транзисторів типу IRFH250N. Зазвичай розрахунок ведуть для одного транзистора, а потім розмір збільшують в 20 разів. Ключовий транзистор розсіює потужність 528 Вт, а кожний IRFH250N розсіює $528/20 = 26,4$ Вт. Радіатор повинен забезпечувати температуру кристала транзистора не більше $+110$ °С при максимальній температурі оточуючого середовища $+40$ °С.

Знайдемо тепловий опір R_{JA} для одного транзистора:

$$R_{JA} \leq \frac{T_J - T_A}{P_{\text{III}}} = \frac{110 - 40}{26,4} = 2,65 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Тепер знайдемо тепловий опір радіатора:

$$R_{SA} = R_{JA} - R_{JC} - R_{CS} = 2,65 - 0,7 - 0,24 = 1,71 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

Знаючи максимальну температуру кристала і тепловий опір на ділянці кристал – радіатор, знайдемо максимальну температуру радіатора:

$$T_S = T_J - P_{\text{III}} \cdot (R_{JC} + R_{CS}) = 110 - 26,4 \cdot (0,7 + 0,24) = 85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

З графіка (рис. 3) визначимо поправочний коефіцієнт на різницю температури радіатора і навколишнього середовища

$$T_S - T_A = 85 - 40 = 45 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$K_T = 1,110.$$

Для охолодження радіатора використаємо вентилятор типа 1,25ЭВ-2,8-6-3270У4, що має продуктивність 280 м3/ч. Аби врахувати швидкість потоку, потрібно поділити продуктивність на переріз повітроводу, що продувається вентилятором.

Якщо повітровід має переріз впоперек:

$$0,14 \cdot 0,14 = 0,0196 \text{ м}^2,$$

то швидкість повітряного потоку буде:

$$280/0,0196/3600 = 4 \text{ м/с.}$$

З графіка (рис. 4) визначимо поправочний коефіцієнт на реальну швидкість

$$K_v = 0,63.$$

Якщо у нас є велика кількість радіаторів, що мають периметр перерізу 1050 мм. і довжину 80 мм., у цьому разі, використовуючи графік (Рис. 5), визначаємо поправочний коефіцієнт на довжину радіатора:

$$K_L = 1,6.$$

Щоб знайти загальну поправку, перемножимо всі поправочні коефіцієнти:

$$K = K_T \cdot K_v \cdot K_L = 1,19 \cdot 0,63 \cdot 1,6 = 1,2.$$

З урахуванням поправок, радіатор повинен забезпечувати тепловий опір:

$$R_{SA} = 1,71/1,2 = 1,425 \text{ } ^\circ\text{C/Вт.}$$

За допомогою графіка (Рис. 2) знайдемо, що для одного транзистора потрібен радіатор з периметром перерізу 200 мм. Для групи з 20 –ти транзисторів IRFP250N радіатор повинен мати периметр перерізу 4000 мм. Так як у нас є радіатори з периметром 1050 мм., то потрібно об'єднати 4 радіатори. Якщо виробники вказують площу поверхні радіатора, а не його периметр і довжину, в цьому разі достатньо помножити довжину на периметр, щоб отримати площу $S_p = 400 \times 8 = 3200 \text{ см}^2$.

Навчальне видання

Методичні вказівки
для виконання лабораторних робіт
з дисципліни

«ФІЗИКА І ТЕХНІКА СВІТЛОДІОДІВ»

*(для студентів 5 курсу денної і 6 курсу заочної форм навчання
спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка. Світлотехніка і джерела світла)*

Укладач **ЛИТВИНЕНКО** Анатолій Савелійович

Відповідальний за випуск *Л. А. Назаренко*

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерний набір *А. С. Литвиненко*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2015, поз. 246 М

Підп. до друку 26.11.2015
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк.арк. 1,1
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.